

Patent Abstract

GERMAN 1999-10-21 19817357 **Mikromechanisches module**

INVENTOR(S)- Fehrenbach, Michael 72800 Eningen DE
INVENTOR(S)- Schubert, Dietrich, Dr. 72762 Reutlingen DE
INVENTOR(S)- Vossenbergh, Heinz-Georg 72793 Pfullingen DE

APPLICANT(S)- Robert Bosch GmbH 70469 Stuttgart DE
PATENT NUMBER- 19817357/DE-A1
PATENT APPLICATION NUMBER- 19817357
DATE FILED- 1998-04-18
DOCUMENT TYPE- A1, DOCUMENT LAID OPEN (FIRST PUBLICATION)
PUBLICATION DATE- 1999-10-21
INTERNATIONAL PATENT CLASS- G01P015135; G01D01102; G01P01508A;
G01P015125
PATENT APPLICATION PRIORITY- 19817357, A
PRIORITY COUNTRY CODE- DE, Germany, Ged. Rep. of
PRIORITY DATE- 1998-04-18
FILING LANGUAGE- German
LANGUAGE- German NDN- 203-0425-2903-2

It is proposed a micro-mechanical module, especially Beschleunigungssensor, that shows a substratum (4) to at least one feather element (2) and at least one seismic mass (3). The feather element (2) is connected with a first end (8) with the substratum (4) and a second end with the mass (3) and the stiffness of the feather element (2) is laid out in a way that a movement of the mass is relatively parallel to the substratum (4) to a surface of the substratum (4) verursachbar through an acceleration. For the feather element (2), a feather attack (5) is intended, the a distortion of the feather element (2) of an acceleration parallel to the surface of the substratum (4) restricts.

BEST AVAILABLE COPY

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 198 17 357 A 1

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 P 15/135
G 01 D 11/02

②① Aktenzeichen: 198 17 357.1
②② Anmeldetag: 18. 4. 98
④③ Offenlegungstag: 21. 10. 99

DE 198 17 357 A 1

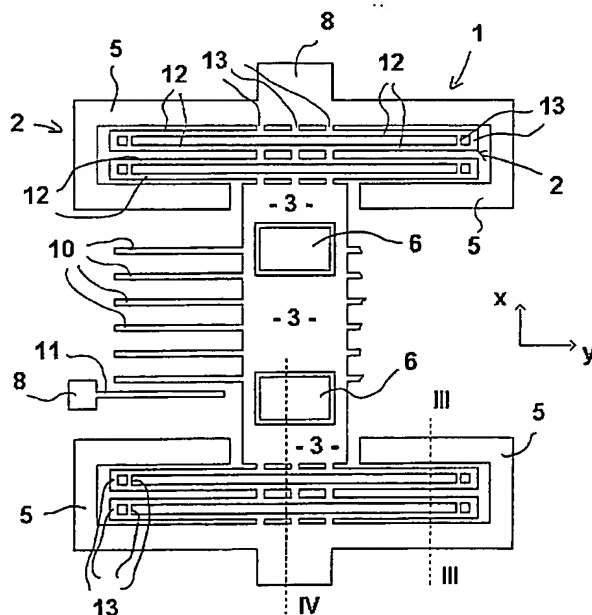
⑦① Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Fehrenbach, Michael, 72800 Eningen, DE; Schubert,
Dietrich, Dr., 72762 Reutlingen, DE; Vossenber,
Heinz-Georg, 72793 Pfullingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Mikromechanisches Bauelement

⑤⑦ Es wird ein mikromechanisches Bauelement, insbesondere Beschleunigungssensor, vorgeschlagen, der ein Substrat (4) mindestens einem Federelement (2) und mindestens einer seismischen Masse (3) aufweist. Das Federelement (2) ist mit einem ersten Ende (8) mit dem Substrat (4) und einem zweiten Ende mit der Masse (3) verbunden und die Steifigkeit des Federelements (2) ist so ausgelegt, daß durch eine Beschleunigung parallel zu einer Oberfläche des Substrats (4) eine Bewegung der Masse relativ zum Substrat (4) verursachbar ist. Für das Federelement (2) ist ein Federanschlag (5) vorgesehen, der eine Verformung des Federelements (2) bei einer Beschleunigung parallel zur Oberfläche des Substrats (4) begrenzt.



DE 198 17 357 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem mikromechanischen Bauelement nach der Gattung der unabhängigen Patentansprüche. Es sind bereits mikromechanische Bauelemente insbesondere Beschleunigungssensoren bekannt, bei dem eine seismische Masse durch Federelemente an einem Substrat aufgehängt ist. Durch eine Beschleunigung, parallel zur Oberfläche des Substrats, kann dann eine Auslenkung der Masse bewirkt werden, die durch eine geeignete Meßmethode nachgewiesen wird. Dabei ist es auch bekannt, die Auslenkung der Masse durch einen Anschlag zu begrenzen.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße mikromechanische Bauelement, mit den kennzeichnenden Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche hat dem gegenüber den Vorteil, daß unzulässig große Auslenkungen der Federelemente selbst vermieden werden. Dies ist vor allen Dingen bei Sensoren für Beschleunigungen von Vorteil, deren Federelemente nur eine geringe Steifigkeit aufweisen. Durch die Substratanschlüge wird ein flächiger Kontakt der Masse mit dem Substrat vermieden. Durch mehrfach gefaltete Federelemente können sehr weiche Federelemente realisiert werden, die durch entsprechende Stege trotzdem sehr bruchstark ausgeführt werden können.

Durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche werden vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des Bauelements nach den unabhängigen Patentansprüchen möglich. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung einer Leitschicht auf dem Substrat, da so alle Anschlüsse auf das gleiche Potential gelegt werden können, wie die Masse. Die Leitschichten können weiterhin zur Ausbildung von Substratanschlüssen herangezogen werden. Als Materialien für das Substrat, das Federelement und die Masse eignet sich im besonderen Maße Silizium.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen die Fig. 1 eine Aufsicht auf einen Beschleunigungssensor, Fig. 2 eine Detailansicht der Fig. 1, und die Fig. 3 und 4 Querschnitte durch die Fig. 1.

Beschreibung

In der Fig. 1 wird eine Aufsicht auf ein Beschleunigungssensor und den Fig. 3 und 4 werden Querschnitte durch den Beschleunigungssensor nach der Fig. 1 entlang der Linien III und IV gezeigt. Der in der Fig. 1 gezeigte Beschleunigungssensor 1 ist auf einem in der Fig. 1 nicht dargestellten Substrat 4 angeordnet, welches jedoch in den Querschnitten der Fig. 3 und 4 dargestellt wird. Der Beschleunigungssensor 1 weist ein Federmassensystem auf, welches aus Federelementen 2 und einer seismischen Masse 3 gebildet wird. Wie in der Fig. 1 zu erkennen ist, ist das Federelement 2 aus einer Vielzahl von Teilfederelementen 12 aufgebaut. Die seismische Masse 3 ist durch mehrere Verbindungsstege 13 mit einem ersten dieser Teilfederelemente 12 verbunden. Die Teilfederelemente 12 sind entweder jeweils an ihren äußeren Enden oder in ihrer Mitte durch Verbindungsstege 13 verbunden. Ausgehend von der seismischen Masse 3 ist ein erstes Teilfederelement 12 mittels 3 Verbindungsstege 13 in der Mitte des Teilfederelements 12 mit der seismischen

Masse 3 verbunden. Dieses erste Teilfederelement 12 ist dann mittels Verbindungsstege 13, die im äußeren Bereich der Teilfederelemente liegen mit einem zweiten Teilfederelement 12 verbunden, welches dann mittels drei Verbindungsstege in der Mitte mit einem dritten Teilfederelement verbunden ist. Das dritte Teilfederelement 12 ist dann durch äußere Verbindungsstege 13 mit einem vierten Teilfederelement 12 verbunden, welches durch Verbindungsstege 13 in der Mitte mit einem Lager 8 verbunden ist. Das Lager 8 ist fest mit dem Substrat 4 verbunden, wie dieser beispielsweise in der Fig. 4 zu erkennen ist.

In der Fig. 4 wird ein Querschnitt durch das Lager 8 gezeigt, welches durch die Schichten 21 und 20 fest mit dem Substrat 4 verbunden ist. Die genaue Funktion der Schichten 21 und 20 werden noch später genauer erläutert. Weiterhin zeigt die Fig. 4 noch einen Querschnitt durch die Teilfederelemente 12 und durch Teile der seismischen Masse 3. Wie in der Fig. 4 klar zu erkennen ist, sind die Teilfederelemente 12 und die seismische Masse 3 mechanisch, nicht unmittelbar, mit dem Substrat 4 verbunden, sondern weisen einen Abstand zum Substrat 4 auf. Die Teilfederelemente 12 und die seismische Masse 3 sind ausschließlich über das Lager 8 mechanisch mit dem Substrat 4 verbunden. Diese Teile können daher auch durch einwirkende Beschleunigungskräfte relativ zum Substrat verschoben werden. Durch entsprechende Auslegung der Steifigkeit der Federelemente wird dabei die Empfindlichkeit gegenüber Beschleunigungskräften eingestellt.

Wie in der Aufsicht der Fig. 1 zu erkennen ist, ist die seismische Masse an zwei Seiten mittels Federelementen 2 an Lagern 8 befestigt. Die Federelemente 2 weisen dabei Teilfederelemente 12 auf, die in Y-Richtung sehr lang sind und somit in X-Richtung eine geringe Steifigkeit aufweisen. Es wird so sichergestellt, daß bei kleinen Beschleunigungen in X-Richtung eine Auslenkung der Federelemente 12 bzw. der seismischen Masse 3 erfolgt. An der seismischen Masse 3 sind eine Vielzahl von beweglichen Elektroden 10 befestigt, die beispielsweise, wie in der Fig. 1 gezeigt wird, senkrecht zur X-Richtung ausgerichtet sind. Parallel zu diesen beweglichen Elektroden 10 sind feststehende Elektroden 11 vorgesehen, die jeweils durch ein Lager 8 fest mit dem Substrat 4 verbunden sind. In der Fig. 1 wird aus Vereinfachungsgründen nur eine einzige dieser feststehenden Elektroden 11 mit einem dazugehörigen Lager 8 gezeigt. Weiterhin werden in der Fig. 1 nur einige wenige bewegliche Elektroden 10 gezeigt, die nur für die linke Seite der seismischen Masse 3 vollständig dargestellt sind. Auch dies erfolgt aus Gründen der Vereinfachung. Die beweglichen Elektroden 10 und die feststehenden Elektroden 11 sind elektrisch gegeneinander isoliert und bilden so Plattenkondensatoren, deren Kapazität sich in Abhängigkeit von der in X-Richtung wirkenden Beschleunigung ändern. Durch Messung der Kapazität kann so die Beschleunigung gemessen werden.

Auf Grund der langen Ausdehnung der Teilfederelemente 12 in Y-Richtung, weisen die Federelemente 2 in X-Richtung eine sehr geringe Steifigkeit auf. Weiterhin ist auch die Steifigkeit in Z-Richtung, d. h. senkrecht zum Substrat 4, nur gering. Da ein Beschleunigungssensor der beispielsweise für ein Meßbereich bis zur einfachen Erdbeschleunigung ausgelegt ist, auch sehr große Stoßbeschleunigungen tolerieren muß, sind eine Vielzahl von Anschlüssen vorgesehen. Wie in der Fig. 1 zu erkennen ist, sind innerhalb der seismischen Masse 3 Masseanschlüsse 6 vorgesehen, die die Auslenkungen der seismischen Masse 3 parallel zum Substrat in X-Richtung und in Y-Richtung beschränken. Die Federelemente 2 sind weiterhin noch von Federanschlüssen 5 umgeben, die ausgehend von den Lagern 8 sich von allen Seiten um die Teilfederelemente 12 herum erstrecken.

In der Fig. 2 werden die Masseanschlüsse 6 der Fig. 1 vergrößert dargestellt. Bei den Masseanschlüssen 6 handelt es sich um Strukturen, die fest mit dem Substrat 4 verbunden sind, wie dies beispielsweise in der Fig. 4 im Querschnitt dargestellt wird. Wie in der Fig. 2 zu erkennen ist, werden die Masseanschlüsse 6 vollständig von der seismischen Masse 3 umgeben, so daß durch die Masseanschlüsse 6 die Bewegungen der seismischen Masse 3 in jeder Richtung parallel zum Substrat 4, d. h. in X- und Y-Richtung beschränkt wird. Sowohl in der seismischen Masse 3 wie auch in den Masseanschlüssen 6 sind Vorsprünge 7 angeordnet durch die sichergestellt wird, daß es dabei nur an einzelnen Punkten, nämlich nur an den Vorsprüngen 7, zu einem Kontakt zwischen der seismischen Masse 3 und den Anschlüssen 6 kommt. Der Abstand der Vorsprünge ist insbesondere in X-Richtung dabei so gewählt, daß er maximal 1/2 bis 1/4 des Abstandes zwischen den beweglichen Elektroden 10 und den feststehenden Elektroden 11 beträgt. Es wird so sicher verhindert, daß die Elektroden 10, 11 die als längliche und mechanisch wenig stabile Strukturen ausgebildet sind aneinanderstoßen und so eventuell beschädigt werden. Weiterhin ist die Gesamtfläche der Elektroden 10, 11 relativ groß, was er bei einer Berührung eventuell zum Auftreten von Adhäsionskräften führen könnte, die so groß werden, daß die seismische Masse 3 durch die Federkräfte der Federn 2 nicht mehr in einer Ausgangslage zurückgezogen werden könnte. Durch die Masseanschlüsse 6 wird somit auch die Betriebssicherheit der Sensoren erhöht.

Die Funktions- und Wirkungsweise der Federanschlüsse 5 wird nun anhand der Fig. 3 näher erläutert. Die Fig. 3 zeigt einen Querschnitt, durch den Sensor nach der Fig. 1 entlang der Linie III-III. Wie in der Fig. 3 zu erkennen ist, handelt es sich bei den Federanschlüssen 5 im Vergleich zu den Teilfederelementen 12 mechanisch vergleichsweise stabile Strukturen, die über Verbindungsschichten 21 und 20 fest mit dem Substrat 4 verbunden sind. Die Federanschlüsse 5 sind daher fest mit dem Substrat 4 verbunden und sind von ihrer mechanischen Ausgestaltung auch so, daß sie größere Kräfte ohne nennenswerte Verformung aufnehmen können. Wie im Querschnitt durch die Fig. 3 ebenfalls zu erkennen ist, sind die Teilfederelemente 12 in X-Richtung relativ schlank ausgebildet. Bei einer starken Beschleunigung in X-Richtung werden daher die Federelemente 12 stark verformt und bei entsprechend starken Beschleunigungskräften seitlich gegen einen der Federanschlüsse 5 gedrückt. Eine weitere Verformung der Teilfederelemente 12 wird jedoch verhindert, da ihre weitere Bewegung durch die mechanisch starren Federanschlüsse 5 begrenzt wird. Die Federanschlüsse schützen daher die Federelemente vor zu starken Verformungen und vor Druck oder plastischen Verformungen. Durch die Ausbildung der Federanschlüsse 5 in der gleichen Höhe wie die Teilfederelemente 12 wird sichergestellt, daß die Federanschlüsse 5 diese Funktion auch noch wahrnehmen können, wenn gleichzeitig Beschleunigungskomponenten in Z- und X-Richtung vorliegen.

Die Komponenten des Beschleunigungssensors 1 wie Lager 8, Federelemente 2, seismische Masse 3, bewegliche Elektroden 10 und feststehende Elektroden 11 sind aus einem leitenden Material ausgebildet. Es wird so ermöglicht, durch Kontaktierung der Lager 8, sowohl der Lager 8 der feststehenden Elektroden 11 wie auch der Lager 8 an denen die Federelemente 2 befestigt sind, eine Messung des Sensorsignals vorzunehmen. Als leitendes Material kommt dann neben Metall insbesondere Silizium in Frage, da sich Silizium mit gut bekannten Methoden aus der Halbleiterherstellung bearbeiten läßt. Üblicher Weise nimmt man dann für derartige Sensoren auch ein Substrat 4 aus Silizium, da ein derartiges Substrat vom thermischen Ausdehnungskoeff-

fizient gut an das Silizium des Sensors angepaßt ist. Unter der Voraussetzung, daß die Sensoren aus Silizium bestehen, und auch das Substrat 4 aus Silizium besteht, wird in der Fig. 3 ein zweischichtiger Aufbau für die Verbindungsschichten zwischen dem Sensor und dem Substrat 4 dargestellt. Die untere Schicht 20 besteht aus einem isolierenden Material wie beispielsweise Siliziumoxid, Siliziumnitrid, einem Glas oder einem Mischmaterial aus den vorgenannten Materialien. Für die zweite Schicht 21 wird hier eine Leitschicht, insbesondere aus stark dotiertem Polysilizium vorgesehen sind. Durch diese Schicht wird sichergestellt, daß die Federanschlüsse 5 auf den gleichen Potential liegen, wie das Lager 8 und auch die Teilfederelemente 12. Weiterhin haben sich diese Schichten als hervorragende mechanische Befestigungsschichten bewährt.

In der Fig. 4 wird ein Querschnitt entlang der Linie IV der Fig. 1 gezeigt. Die Fig. 4 zeigt einen Querschnitt durch ein Lager 8, durch vier Teilelemente 12, einen Bereich der seismischen Masse 3 und durch einen Masseanschlag 6. Die Isolationsschicht 20 und die Leitschicht 21 erstreckt sich ausgehend vom Lager 8 unterhalb der Teilfederelemente 12, und der seismischen Masse 3 bis zum Masseanschlag 6. Der Masseanschlag 6 ist so mechanisch fest mit dem Substrat 4 verbunden. Durch die durchgehende Verbindungsschicht 21, die in der Art einer Leiterbahn ausgebildet ist, wird ein elektrischer Kontakt zwischen dem Lager 8 und dem Masseanschlag 6 hergestellt. Es wird so sichergestellt, daß auch der Masseanschlag 6 auf dem gleichen Potential liegt, wie die sie umgebende seismische Masse 3 und es werden so elektrostatische Anziehungskräfte zwischen dem Masseanschlag 6 und der seismischen Masse 3 vermieden.

Weiterhin bildet die Leitschicht 21 in der Fig. 4 einen Anschlag für die seismische Masse unter die Teilelemente 12 in Z-Richtung, durch die die Bewegung der seismischen Masse 3 bzw. der Federelemente 2 in Richtung auf das Substrat 4 hin beschränkt wird. Wesentlich ist dabei, daß die in der Fig. 4 gezeigte Leitschicht 21 bzw. Isolationsschicht 20 nur einen Teil der Oberfläche der Substrat 4 bedeckt, so daß die Kontaktfläche zwischen der seismischen Masse 3 und der Schicht 21 gering ist. Es wird so sichergestellt, daß auf Grund der geringen Berührungsfläche keine nennenswerten Adhäsionskräfte auftreten können. Da die Leitschicht 21 auf dem gleichen Potential wie das Lager 8 liegt, werden dadurch auch keine elektrostatischen Anziehungskräfte zwischen dieser Schicht 21 und der seismischen Masse 3 erzeugt. Die Schicht 21 bildet somit zusammen mit der Schicht 20 einen Anschlag mit dem ein unmittelbarer Kontakt der seismischen Masse 3 mit dem Substrat 4 verhindert wird. Durch die isolierende Schicht 20 wird dabei sichergestellt, daß keinelektrischer Kurzschluß zwischen der seismischen Masse 3 und dem Substrat 4 gebildet wird.

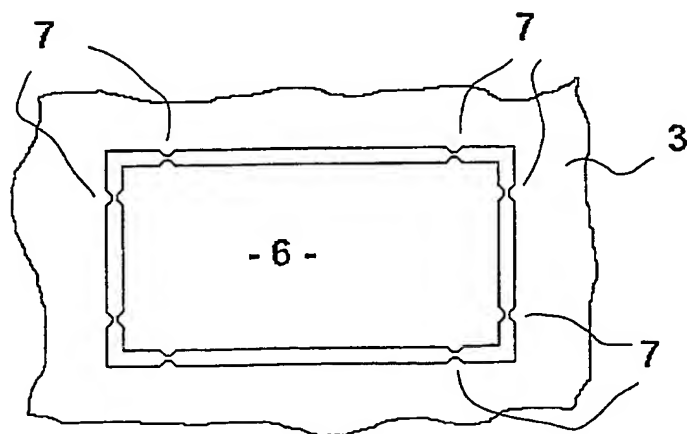
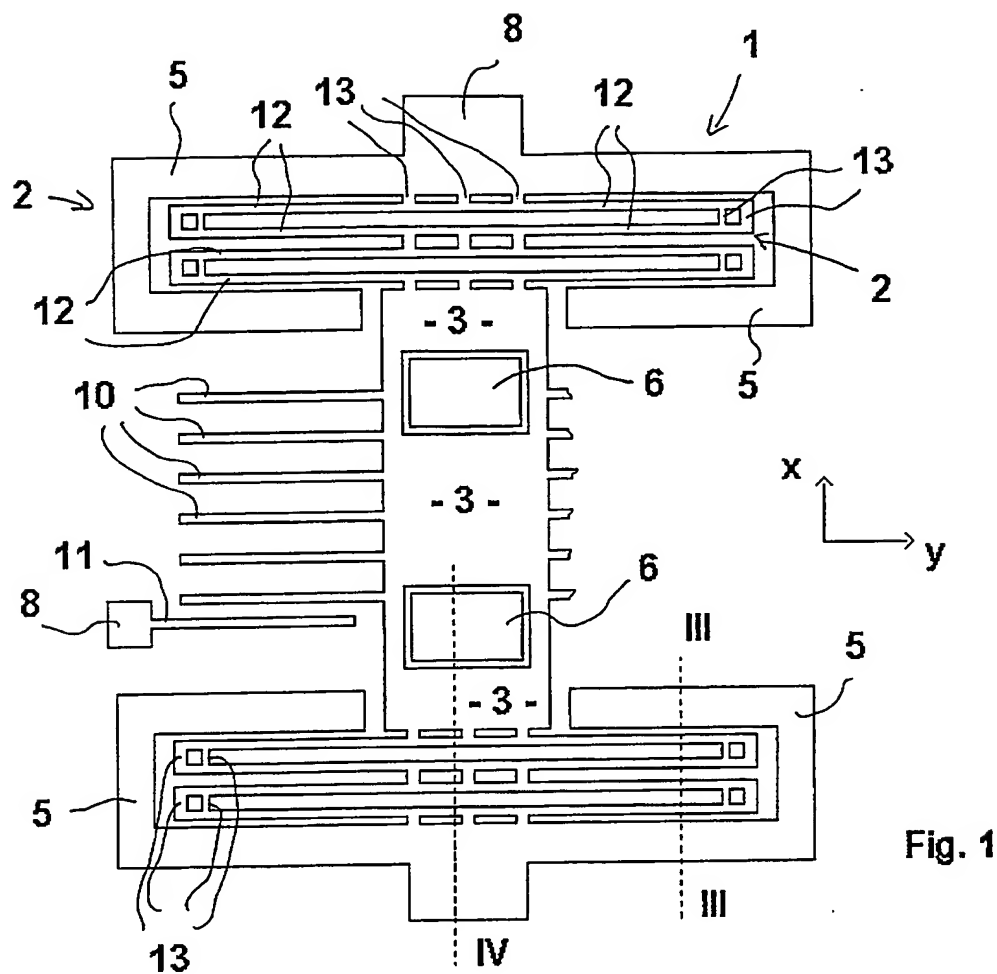
In der Fig. 4 wird die Leitschicht 21 und die Isolationsschicht 20 in der Form einer Leiterbahn dargestellt, die das Lager 8 und den Masseanschlag 6 miteinander verbindet. Ebenso gut können die Schichten 21 und 20 auch unter anderen Bereichen der seismischen Masse 3 angeordnet werden, sofern die Gesamtfläche deutlich geringer ist, als die Fläche der seismischen Masse 3 und ein elektrischer Kontakt zum Lager 8 aufrechterhalten wird.

Die in der Fig. 1 gezeigten Federelemente die jeweils aus mehreren Teilfederelementen 12 aufgebaut sind werden jeweils durch mehrere Verbindungsstege 13 miteinander verbunden. Durch die Verwendung von mehrfachen Verbindungsstegen 13 wird eine große Bruchfestigkeit dieser Verbindungen der einzelnen Teilfederelemente gewährleistet.

Patentansprüche

1. Mikromechanisches Bauelement, insbesondere Beschleunigungssensor, mit einem Substrat (4) mindestens einem Federelement (2) und mindesten einer seismischen Masse (3), wobei das Federelement (2) mit einem ersten Ende (8) mit dem Substrat (4) und an einem zweiten Ende mit der Masse (3) verbunden ist, und wobei die Steifigkeit des Federelements (2) so ausgelegt ist, daß durch eine Beschleunigung parallel zu einer Oberfläche des Substrats (4) eine Bewegung der Masse relativ zum Substrat (4) verursachbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß für das Federelement (2) ein Federanschlag (5) vorgesehen ist, der eine Verformung des Federelements (2) bei einer Beschleunigung parallel zur Oberfläche des Substrats (4) begrenzt. 5 10 15
2. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Substrat (4) eine Schicht aufgebracht ist, aus der das Federelement (2), der Federanschlag (5) und die Masse (3) herausstrukturiert sind, und daß die Höhe des Federelements (2) und des Federanschlags (5) in etwa gleich sind. 20
3. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß für das Substrat (4) und für die aufgebrachte Schicht Silizium verwendet sind. 25
4. Mikromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zum Anlegen von elektrischen Potentialen vorgesehen sind, durch die das Federelement (2), die Masse (3) und der Federanschlag (5), im wesentlichen auf das gleiche Potential gelegt sind. 30
5. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß für das Anlegen der Potentialen eine Leitschicht (21) auf den Substrat (4) angeordnet ist. 35
6. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitschicht (21) auch unterhalb der Masse (3) angeordnet ist, und daß die Fläche der unterhalb der Masse (3) angeordneten Leitschicht (21) gering ist gegen die Fläche der Masse (3). 40
7. Mikromechanisches Bauelement, insbesondere Beschleunigungssensor, mit einem Substrat (4) mindestens einem Federelement (2) und mindesten einer seismischen Masse (3), wobei das Federelement (2) mit einem ersten Ende (8) mit dem Substrat (4) und an einem zweiten Ende mit der Masse (3) verbunden ist, und wobei die Steifigkeit des Federelements (2) so ausgelegt ist, daß durch eine Beschleunigung parallel zu einer Oberfläche des Substrats (4) eine Bewegung der Masse relativ zum Substrat (4) verursachbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Oberfläche des Substrats (4) ein Substratanschlag vorgesehen ist, der die Bewegung der Masse (3) senkrecht zur Oberfläche des Substrats (4) in Richtung des Substrats (4) begrenzt und daß die Fläche des Substratanschlags (21) gering ist im Vergleich zur Fläche der Masse (3). 45 50 55
8. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Substratanschlag als Isolierschicht (20) und als Leitschicht (21) auf dem Substrat (4) ausgebildet ist. 60
9. Mikromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Masseanschlag (6) vorgesehen ist, der die Auslenkung der Masse (3) parallel zur Oberfläche des Substrats (4) beschränkt. 65
10. Mikromechanisches Bauelement, insbesondere Beschleunigungssensor, mit einem Substrat (4) mindestens einem Federelement (2) und mindesten einer seismischen Masse (3), wobei das Federelement (2) mit einem ersten Ende (8) mit dem Substrat (4) und an einem zweiten Ende mit der Masse (3) verbunden ist, und wobei die Steifigkeit des Federelements (2) so ausgelegt ist, daß durch eine Beschleunigung parallel zu einer Oberfläche des Substrats (4) eine Bewegung der Masse relativ zum Substrat (4) verursachbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Federelement (2) aus mehreren im Wesentlichen parallel zueinander geordneten Teilfederelementen (12) ausgebildet ist.
11. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilfederelemente (12) durch mehrere Verbindungsstege (13) miteinander verbunden sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



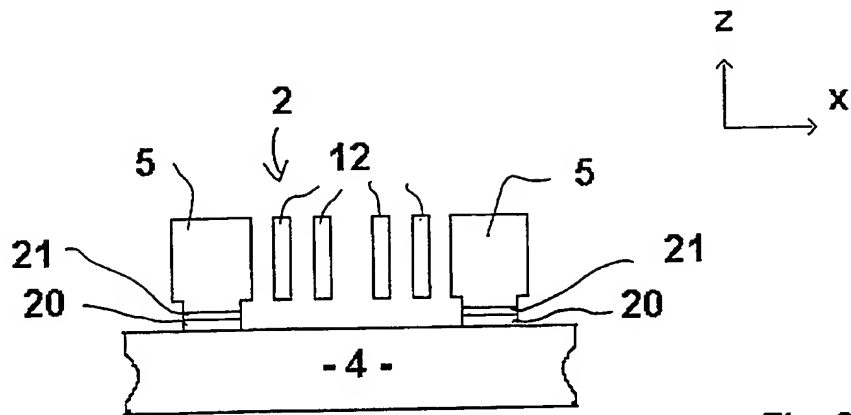


Fig. 3

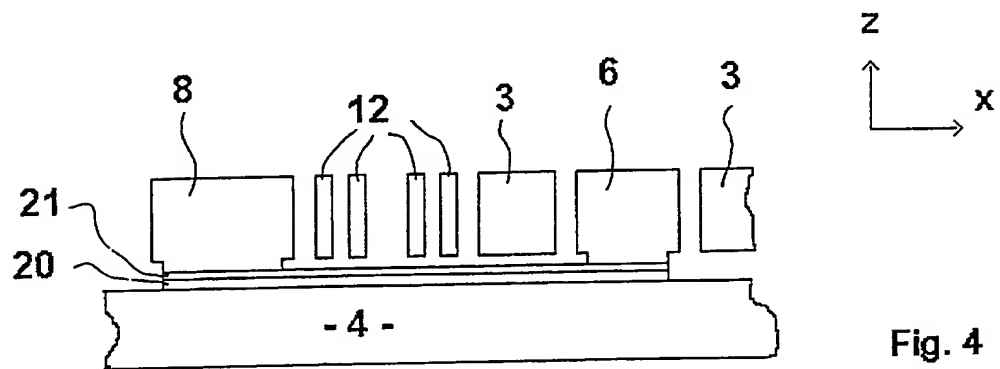


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.